

**Zeitschrift:** Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern

**Herausgeber:** Naturforschende Gesellschaft Luzern

**Band:** 31 (1990)

**Artikel:** Luftschadstoff-Belastung in der Stadt Luzern

**Autor:** Müller, Hans-Niklaus

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-523650>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Luftschadstoff-Belastung in der Stadt Luzern

HANS-NIKLAUS MÜLLER

## Zusammenfassung

Seit 1983 werden im Stichprobenverfahren mit Hilfe eines Messfahrzeuges in der Stadt Luzern Erhebungen zur lufthygienischen Situation durchgeführt. Bis 1989 konnten 27 Standorte erfasst und bezüglich der Schadstoff-Belastung beurteilt werden. Saisonal bedingte (z.B. SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) Grenzwertüberschreitungen sind neben ganzjährig andauernden, übermässigen Belastungen (z.B. NO<sub>2</sub>) erkennbar. Besondere Bedeutung kommen dabei Winter- und Sommer-smogsituationen zu.

Im Rahmen des ausgewiesenen Sanierungsbedarfs sind Emissionsbegrenzungen in den Sektoren Feuerungen und Verkehr notwendig.

## Résumé

Depuis 1983 la pollution de l'air dans la ville de Lucerne a été analysée. Les analyses se basent sur des mesures effectuées au hasard dans une voiture équipée d'appareils de mesure. La voiture a été stationnée jusqu'en 1989 à 27 positions différentes. Les résultats montrent des dépassements

des valeurs limites dûs aux saisons (p.ex. anhydride sulfureux SO<sub>2</sub>, ozone O<sub>3</sub>) et des dépassements des valeurs limites pendant toute l'année (p.ex. dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>). Les situations de smog d'hiver et d'été ont une importance particulière.

Dans le cadre d'un programme d'assainissement, dont la nécessité est prouvée, des limitations d'émission dans les secteurs du chauffage et du trafic s'imposent.

## Abstract

From 1983 onwards, using a random sample survey method by means of a detector vehicle, data on the air hygiene situation in the town of Lucerne has been collected. Up to 1989, we have been able to survey 27 locations in respect to the degree of pollution. Limit excesses due to seasonal conditions (e.g. SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) as well as the permanent excess load (NO<sub>2</sub>) may be seen. Conditions of winter and summer smog thereby gain importance. According to purification requirements thus established, emission limits in heating as well as in traffic are necessary.

### *Einleitung*

Bereits seit 1983 ermittelt die Stadt Luzern mit Hilfe eines Lufthygiene-Messfahrzeugs (RYHINER 1983) Werte zur innerstädtischen Schadstoffbelastung. Diese im Rahmen der Umweltüberwachung von der Umweltschutzpolizei betreute Messeinheit wird im sog. Stichprobenverfahren eingesetzt. Dabei verbleibt der Wagen in der Regel während 2 bis 3 Monaten an einer Stelle und ermöglicht der punktuellen Erhebung im Laufe der Zeit somit einen annähernd flächendeckenden Rasterbezug (Abb.1).

In der Zeit von März 1983 bis März 1989 konnte der Lufthygiene-Messwagen an insgesamt 27 Stellen mit mindestens einmonatiger Messdauer eingesetzt werden, womit auch die unterschiedliche Siedlungsstruktur innerhalb der Stadt berücksichtigt wurde. Einerseits müssen bestehende Lücken künftig geschlossen werden, wobei auch eine Verdichtung des Messstellennetzes anzustreben ist, und andererseits bringen erneute Messungen an bisherigen Standorten (zeitversetzt oder zeitgleich) saisonale Unterschiede zum Vorschein oder eröffnen Bewertungsmöglichkeiten zur Entwicklung der lufthygienischen Situation.

Während anfänglich nur Messungen von Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffoxide (NO und NO<sub>2</sub>) und Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) kontinuierlich erhoben wurden, erlaubt der inzwischen erfolgte Ausbau auch die Erfassung von Ozon (O<sub>3</sub>) und Schwebestaub. Leider fehlt noch immer ein Gerät zur Messung der Kohlenwasserstoffe (HC). Zur Ausrüstung gehört eine meteorologische Einheit, die Lufttemperatur, Feuchte, Luftdruck, Windrichtung und -geschwindigkeit registriert. Dadurch wird eine Beurteilung der auftretenden Immissionen in Abhängigkeit von der jeweiligen Wetterlage möglich.

### *Luftschadstoffe: Herkunft und Auswirkungen*

Die natürliche Zusammensetzung der Luft hat durch die Tätigkeiten des Menschen

Veränderungen erfahren. Da dies in den letzten Jahrzehnten besonders nachhaltig geschah, beginnen sich gravierende Folgen zu zeigen. Neben globalen Dimensionen – Treibhauseffekt, Abbau der Ozonschicht – können auch Auswirkungen von lokaler Bedeutung erkannt werden. Neuartige Waldschäden, verstärkte Zerstörung kulturgechichtlich wertvoller alter Bausubstanz, gesundheitliche Beeinträchtigungen des Menschen (z. B. durch Atemwegserkrankungen, länger dauernde Genesungsphasen, erhöhte Allergieanfälligkeit) weisen darauf hin, dass die Belastung der Luft durch Schadstoffe übermässige Größenordnungen angenommen hat.

Wirksam ist ein komplexes Gefüge einzelner Stoffe, die als Emissionen in die Atmosphäre gelangen, dort während der Transmission möglicherweise verändert werden und als Immissionen die Umgebung beeinflussen. Zur Beurteilung der lufthygienischen Situation werden einzelne Stoffe herangezogen und als Leitsubstanzen der Luftbelastung betrachtet.

Obwohl viele weitere Stoffe ebenfalls von Bedeutung sind, werden nicht alle erfasst. Dem Zusammenwirken einzelner Komponenten ist künftig eine höhere Beachtung zu schenken.

*Schwefeldioxid* entsteht durch Verbrennung schwefelhaltiger Materialien (z. B. fossile Brennstoffe) und entstammt in der Schweiz zu rund 95 % aus Feuerungsanlagen (Hausbrand 25 % und Industrie/Gewerbe 70 %), zum Rest aus Dieselfahrzeugen, besonders Lastwagen (BUWAL 1987).

Natürliche Vorkommen beschränken sich auf vulkanische Gase. Industriell erzeugtes SO<sub>2</sub> dient der Schwefelsäure-Herstellung und wird in der Lebensmittelchemie als Konservierungsmittel (z. B. Wein, Trockenfrüchte), in der Zellstoff- und Textilindustrie als Bleich- und Lösemittel, in der Abwasseraufbereitung verwendet.

In der Atmosphäre entsteht Schwefelsäure durch die Verbindung mit Sauerstoff und Regenwasser. Die Beteiligung an sauren Niederschlägen führt zur Zerstörung des biologischen Gleichgewichts, Gewässer und Böden werden übersäuert, Pflanzen und Gebäude angegriffen. SO<sub>2</sub> stört

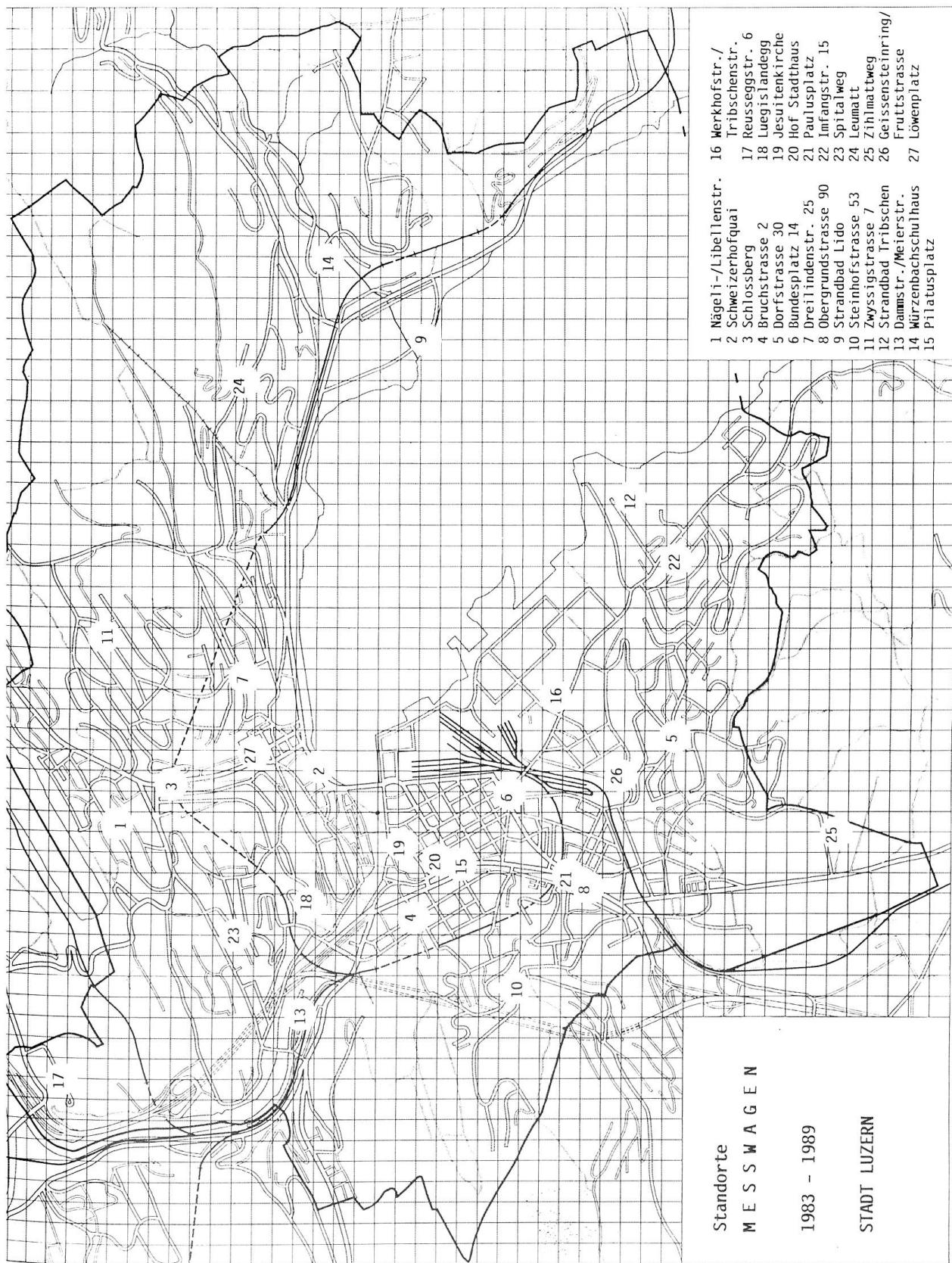


Abb. 1: Standorte des Lufthygiene-Messwagens der Stadt Luzern (März 1983 bis März 1989).

den natürlichen Photosynthese-Ablauf der Pflanzen, was zu einer Schädigung der Blätter (Blattnekrosen) und des Gewebes führt.  $\text{SO}_2$  beschleunigt die Korrosion von Metallen, Baustoffen, Papier, Textilien.

Beim Menschen kann  $\text{SO}_2$  u. a. in Verbindung mit Staub Bronchialkrankheiten, Reizung der Schleimhäute, Atemwegserkrankungen (besonders Kleinkinder: Pseudokrupp), Lungenentzündung, Herz-Kreislauf-Versagen bewirken.

Generell weist der  $\text{SO}_2$ -Gehalt der Luft abnehmende Tendenz auf, was auch in Luzern durch eine Langzeit-Untersuchung (seit 1966) an 4 Standorten (durch das Kant. Labor nach der Methode Leclerc; Pers. Mitt. Dr. J. Wicki, alt Kantonschemiker) belegt wird. In kalten Wintern steigen die Werte jedoch wieder schnell an. Die Abnahme ist auf die Reduktion des Schwefelgehalts im Heizöl zurückzuführen.

**Stickoxide** entstehen bei allen Verbrennungsprozessen, v. a. in Automotoren und aus Feuerungen. Sie entstammen in der Schweiz zu rund 75 % aus dem Verkehr, zum Rest aus Öl- und Gasfeuerungsanlagen (von Haushalten 5 %, Industrie/Gewerbe 20%; BUWAL 1987).

Bei Verbrennungsprozessen entsteht in erster Linie NO, das in der Luft zum gesundheitsschädlichen  $\text{NO}_2$  oxidiert. Die Stickoxid( $\text{NO}_x$ )-Bildung nimmt mit höherer Verbrennungstemperatur zu. In der chemischen Industrie fallen Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) als Nebenprodukte bei der Salpeter-Herstellung an; bei Fahrzeugen entstehen sie aus atmosphärischem Stickstoff und den organischen Stickstoffverbindungen des Brennstoffs. Aus  $\text{NO}_2$  kann sich Salpetersäure bilden, die mitbeteiligt ist am sauren Regen.  $\text{NO}_2$  als typisches Reizgas ist eine Vorläufersubstanz des Ozons und spielt eine erhebliche Rolle bei der Smogbildung. Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit zeigen sich in Kopfschmerzen, Schlaflosigkeit, Atemwegserkrankungen (z. B. Bronchitis), Schädigungen der Schleimhäute und Lungen.

Tendenziell steigen die Stickoxidemissionen seit Jahren an, was im wesentlichen auf die Zunahme des Motorfahrzeugverkehrs, verbunden mit der erhöhten Dichtung der Motoren zurückgeführt wird.

**Ozon** entsteht in den bodennahen Luftsichten als Sekundärschadstoff unter Son-

neneinwirkung aus Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen und dient als Leitsubstanz der Photooxidantien. Stickoxide und Kohlenwasserstoffe entstammen ungereinigten oder nicht genügend gereinigten, industriellen Rauchgasen und Autoabgasen.

In der oberen Lufthülle der Erde tritt Ozon als Spurengas auf, das für das irdische Leben durch den Schutz vor UV-Strahlung unentbehrlich ist. Kurzwellige Strahlung schädigt Tiere und Pflanzen und verursacht beim Menschen Hautkrebs.

Ozon ist eines der stärksten Oxidationsmittel (z. B. als Desinfektionsmittel in der Trinkwasserversorgung eingesetzt), das Materialien, Pflanzen und Atmungsorgane von Tier und Mensch angreifen kann. Das sehr toxische und gefährliche Gas kann zu Reizungen der Schleimhäute und Augen, Atembeschwerden, Schädigungen des Atmungssystems und des Lungengewebes sowie zu Störungen im Zentralnervensystem führen.

Ozon spielt eine wichtige Rolle beim Waldsterben und wird für bedeutende Ernteausfälle verantwortlich gemacht.

Der  $\text{O}_3$ -Gehalt der Luft ist in Ballungsgebieten generell tiefer als in ländlichen Gegenden. Dennoch trifft es nicht zu, dass die Stadtluft mit ihren oxidierbaren Verunreinigungen als nahezu ozonfrei gelten soll. Diese Stoffverteilung hängt einerseits damit zusammen, dass in Ballungsräumen der Abbau von  $\text{O}_3$  durch Stickoxide schneller als die Neubildung erfolgt. Andererseits läuft dieser Prozess, mehr als auf dem Land, auch nachts durch weitere  $\text{NO}_x$ -Zufuhr ab, ohne dass eine Neubildung stattfindet.

Der Ozongehalt der Luft weist eine seit Jahren steigende Tendenz auf, was im Zusammenhang mit der Industrialisierungsentwicklung steht.

**Kohlenwasserstoffe** sind komplizierte und unterschiedlich aufgebaute chemische Verbindungen aus Kohlenstoff und Wasserstoff mit sehr vielen Eigenschaften und Verwendungszwecken. Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (HC) sind in fossilen Brennstoffen enthalten (z. B. Benzol im Benzin) und entstehen in Feuerungsanlagen der Industrie, in Heizungen, Automotoren, besonders bei unvollständigen Verbrennungsprozessen, beim Rauchen.

Halogenierte bzw. chlorierte und bromierte HC kommen in der Natur nicht vor. Sie werden

chemisch hergestellt und sind umweltproblematisch (z. B. Insektizid DDT). Über die Nahrungs-kette können sie auch in die Lebensmittel gelangen. HC sind Stammverbindungen aller organischen Verbindungen und an der Entstehung von Photooxidantien und Smog beteiligt. Zahlreiche HC sind stark krebsfördernd bzw. -erregend (z. B. Haut-, Lungenkrebs).

Auf die menschliche Gesundheit können sich HC in Schwindel, Kopfschmerzen, Erbrechen, Atemlähmung, Rauschzuständen auswirken.

Die Entwicklungen im Industrialisierungsprozess mit zunehmender Spezialisierung führen zu einem deutlichen Anstieg von Vielfalt und Menge der Kohlenwasserstoffe.

*Kohlenmonoxid* entsteht in grosser Menge bei unvollständiger Verbrennung (bei Sauerstoffmangel und niedriger Temperatur) von kohlenstoffhaltigen Materialien (fossilen Brennstoffen) und aus Verdampfungsverlusten beim Lagern und Umfüllen von Treibstoffen und im Betrieb aus Motorfahrzeugen. In der Schweiz entstammen rund 75% aus Motorfahrzeugen, der Rest aus Feuerungsanlagen von Haushalten (15%) und Industrie/Gewerbe (10%; BUWAL 1987).

Beim Einatmen verbindet sich das Kohlenmonoxid (CO) mit dem Hämoglobin des Blutes, wobei es unter Verdrängung des Sauerstoffs zur Bildung von Kohlenmonoxidhämoglobin kommt. Die Sauerstoffaufnahme des Blutes wird dadurch blockiert. Als Folge des Sauerstoffmangels erstickt das Gewebe.

Schon geringe CO-Konzentrationen in der Atemluft beeinträchtigen das Zentralnervensystem, stören die Sehschärfe. Kopfschmerzen, Schwindel, Atemstörungen, Kreislaufkollaps sind weitere mögliche Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen. Früher bestand ausserdem die Gefahr der Vergiftung durch Stadtgas.

Durch die anhaltende Zunahme des Verkehrs hält auch die steigende Tendenz der CO-Immissionen an. Hohe Konzentrationen werden besonders in schlecht durchlüfteten, verkehrsreichen Strassenschluchten ermittelt.

*Schwebestaub* ist feingeriebener Feststoff in der Luft oder in andern Gasen und wird je nach Grösse der schwebenden, festen Teil-

chen in Grob-, Fein- und Feinstaub untergliedert. Bei Teilchengrössen unter  $1 \mu$  spricht man von Aerosolen bzw. Schwebestoffen.

Als natürliche Stäube kommen irdische (geologisch: z. B. Sandstürme, Vulkane; biologisch: z. B. Pollen, Pflanzenteile) oder kosmische (z. B. Meteore) Quellen in Betracht. Technisch/industrielle Stäube entstehen durch Arbeitsgänge (z. B. Schleifen, Bohren) oder als Verbrennungsprodukte (z. B. Russ, Flugasche).

Besonders gesundheitsgefährdend sind feine Stäube, da durch Adsorption an ihrer Oberfläche beim Einatmen Schadstoffe in den Organismus gelangen (z. B. Cadmium, Asbest, Blei, Quecksilber). Feinstäube sind lungengängig, lagern sich an den Lungenbläschen ab, kommen direkt zur Wirkung oder veranlassen chemische Umwandlungen (z. B. Schwefelsäure in der Lunge). In Gebieten von hohen Schwebestaub-Immissionen wurden vermehrt chronische Erkrankungen der Atmungsorgane festgestellt. Bereits geringe Konzentrationen können bei Kindern zu Pseudokrupp führen. Bei höheren Konzentrationen und beim gleichzeitigen Auftreten von Schwefeldioxiden wird ein Anstieg der Todesfälle registriert (vgl. London-Smog).

### *Schadstoffe in der Stadtluft von Luzern*

Die im Stichprobenverfahren seit 1983 erhobenen Daten erlauben einen generellen Überblick über die lufthygienische Situation in der Stadt Luzern. In Ermangelung einer Referenzstation lassen sich aber Vergleiche einzelner Standorte nicht direkt anstellen; auch kann die langfristige Entwicklung höchstens tendenziell erkannt werden.

### *Grenzwertbezogene Monatswerte*

Die monatliche Auswertung der Messgrössen – zur Illustration sei das Jahr 1987 in Abb. 2 herausgegriffen – legt offen, dass im innerstädtischen Bereich – bezogen auf die einzelnen Schadstoffe – einerseits jahreszeitlich, andererseits ganzjährig andauern-de, übermässige Belastungen auftreten. Während die Werte für SO<sub>2</sub> im Winterhalbjahr und jene für O<sub>3</sub> im Sommer über der

ZEIT	Tg	STANDORT	LUFTHYGIENE - MESSRESULTATE						
			Luft						Temp.
1987	[Masseeinheit]		SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	O <sub>3</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	HC	
			1) 30			30			70
			2) 100	100		100			150
			3) 100	120		80	8		
			4) 1x	1x		1x	1x		
1.-31.Jan.	31	Verzweigung Tribschent-/ Werkhofstrasse	● ● ● 7x	○ ○ ○	○ ○ ○	● ● ● 3x			- 2.7 + 8.2 -15.4
1.-28. Feb.	28	Verzweigung Tribschent-/ Werkhofstrasse	● ● ● 3x	○ ○ ○	○ ○ ○	● ● ● 3x			+ 1.6 + 6.5 - 5.7
4.-31. März	28	Reusseggstrasse 6	○ ○ ○ 1x	○ ○ ○	○ ○ ○	● ● ● ○			+ 1.4 + 9.5 - 4.8
1.-30. April	30	Reusseggstrasse 6	○ ○ ○ 11x	● ● ● ○	○ ○ ○	● ● ● ○			+ 9.8 +16.7 + 1.5
1.-31. Mai	31	Luegislandegg, Diebold-Schill.- Strasse	○ ○ ○ 11x	● ● ● ○	○ ○ ○	● ● ● ○			+10.5 +16.6 + 3.6
5.-29. Juni	25	Bahnhofstrasse/ Jesuitenkirche	○ ○ ○	○ ○ ○	● ○ ○	● ○ ○			+14.7 +20.5 +10.5
1.-31. Juli	31	Hof Stadthaus Luzern	○ ○ ○ 15x	● ● ● ○	○ ○ ○	● ● ● ○			+19.0 +23.8 +13.8
1.-31. Aug.	31	Hof Stadthaus Luzern	○ ○ ○ 7x	● ● ● ○	○ ○ ○	● ● ● ○			+19.0 +24.4 +12.8
2.-30. Sep.	29	Luegislandegg, Diebold-Schill.- Strasse	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	● ● ● ○			+17.4 + 6.1 +20.9
2.-31. Okt.	30	Obergrundstr. 82, Paulusplatz	● ● ● 1x	○ ○ ○	○ ○ ○	● ● ● ○			+11.8 +15.7 + 8.7
1.-30. Nov.	30	Obergrundstr. 82, Paulusplatz	● ● ● 8x	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	● ● ● 1x			+ 6.3 +11.4 + 2.5
1.-27. Dez.	27	Obergrundstr. 82, Paulusplatz	● ● ● 10x	○ ○ ○ 3x	○ ○ ○ 3x	● ● ● ○			+ 3.1 +10.2 - 3.4

- Wert > - 10% des IGW
- ◐ Wert < - 10% des IGW
- ◑ Wert = IGW
- Wert < + 10% des IGW
- Wert > + 10% des IGW

Temperatur:

- 1)  $\bar{\phi}$  Tagesmittelwert  
(TMW)
- 2) höchster TMW
- 3) tiefster TMW
- 1) Luft: SO<sub>2</sub>; NO<sub>2</sub>; Staub  $\Sigma$   
Jahresmittelwert  
= IP<sub>lang</sub>
- 2) Luft: SO<sub>2</sub>; NO<sub>2</sub>: 95% der  
 $\frac{1}{2}$ -h-MWeines  
Jahres = IP<sub>kurz</sub>  
O<sub>3</sub>: 98% der  
 $\frac{1}{2}$ -h-MWeines  
Monats  
Staub: 95% der  
24-h-MWeines  
Jahres
- 3) Luft: SO<sub>2</sub>; NO<sub>2</sub>; CO:  
24-h-MW  
= Überschreitungs-  
wert  
O<sub>3</sub>; 1-h-MW  
= Überschreitungs-  
wert
- 4) Zulässige Anzahl Über-  
schreitungen des Wertes 3)  
pro Jahr

Abb. 2: Lufthygiene-Messresultate 1987 in der Stadt Luzern an 6 Standorten (Nr. 16–21): grenzwertbezogen.

gesetzlich zulässigen Grenze liegen (Luftreinhalteverordnung zum Bundesgesetz über den Umweltschutz), trifft dies offenbar für NO<sub>2</sub> – mit gelegentlicher Ausnahme in durchgrünen Gebieten im Sommer – während des ganzen Jahres zu. Dabei überschreitet der Jahresmittelwert des *Stickstoffdioxides* den Immissionsgrenzwert (IGW) an den meisten Stationen deutlich. Sowohl Kurzzeit- wie 24-h-Mittelwert liegen meist im Bereich der Grenzwerte (bei +/- 10% Schwankungsbreite).

Im Winterhalbjahr wurden die drei Grenzwerte für *Schwefeldioxid* sowie die zulässige Anzahl Überschreitungen an praktisch allen Messstandorten übertroffen, unabhängig davon, ob es sich um dicht bebauten Gebiete (z. B. Paulusplatz) oder Freiräume (z. B. Tribschen-Bad) handelt.

Im Sommerhalbjahr wurden beide Grenzwerte des *Ozons* sowie die zulässige Anzahl Überschreitungen an nahezu allen Standorten übertroffen.

Ein weniger einheitliches – da nicht saisonalgeprägtes – Bild zeigen die Werte beim *Schwebestaub*. Je nach Standort liegen der Jahresmittelwert über und die Tageswerte im Bereich des Immissionsgrenzwertes. Im Gegensatz zu den gasförmigen Luftschadstoffen kommt hier den lokalen Verhältnissen in der Ausbreitung offenbar eine höhere Bedeutung zu. Die Belastung scheint außerdem im Zusammenhang mit dem Vorkommen und dem phänologischen Zustand der Vegetation zu stehen.

Der Immissionsgrenzwert (24-h-Mittelwert) des *Kohlenmonoxids* wurde zwar in der Regel eingehalten, doch traten einzelne Überschreitungen an bestimmten Stellen (z. B. enge Strassenverhältnisse, Nähe von Lichtsignalanlagen) auf.

#### *Mittlere Tagesgänge*

Als Beispiel mittlerer Tagesgänge der Luftschadstoffe für die Situation im Winter seien die Messungen im Januar 1988 an der Imfangstrasse (aufgelockerte Wohnbebauung mit Ein- und Mehrfamilienhäusern, relativ

hoher Grünflächenanteil, Strasse mit Quartierverkehr) und für den Sommer jene im August am Zihlmattweg (stark durchgrüntes Gebiet, Allmend mit vielen Sportanlagen, unweit einer Ausfallstrasse) herausgegriffen (Abb. 3).

Im Winter (Abb. 3 A) zeigt die typische SO<sub>2</sub>-Kurve einen zweigipfligen Verlauf mit am Morgen jeweils höheren Werten als am Abend. Damit wird die Abhängigkeit von den Hausfeuerungen als Emissionsquelle deutlich. An stark befahrenen Strassen (z. B. Zürichstrasse, Paulusplatz) erfährt der Kurvenverlauf Modifikationen, die im Zusammenhang mit dem Verkehrsaufkommen (Fahrzeuge mit Dieselmotoren, besonders Lastwagen) stehen.

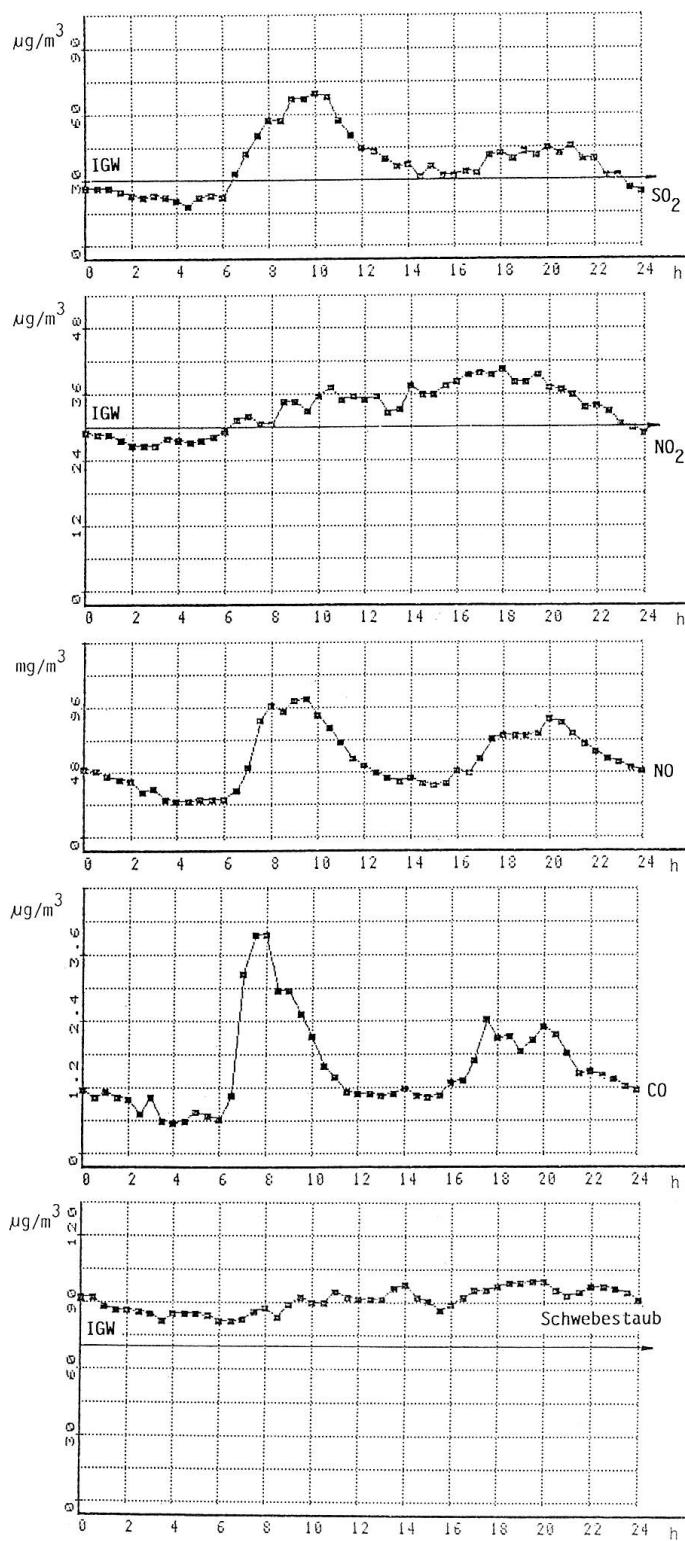
Während die typische NO<sub>2</sub>-Kurve im Laufe des Tages ziemlich kontinuierlich ansteigt und die Akkumulation der aus unterschiedlichen Verbrennungen stammenden Belastungen auszudrücken vermag, nimmt die NO-Kurve einen jeweils am Morgen und Abend kulminierenden Verlauf. Damit weisen die mehrheitlich als Stickstoffmonoxide aus Kaminen und Auspuffrohren in die Atmosphäre gelangenden und dort zu Stickstoffdioxid oxidierenden Stickoxide unmittelbar auf die Emitenten.

Der typische Verlauf der CO-Kurve zeigt einen steilen und relativ kurzfristigen Anstieg am Morgen und einen deutlich länger dauernden Belastungsgipfel am Abend, wobei die Morgenspitze in der Regel deutlich höhere Werte aufweist. Im Vergleich zum Sommer wird dadurch der Einfluss von Feuerungen (besonders vom Erdgas) offensichtlich.

Der Verlauf der *Schwebestoff-Werte* im mittleren Tagesgang unterliegt typischerweise nur geringen Schwankungen. In der Regel ist eine gegen den Abend ansteigende Tendenz festzustellen.

Der im Sommer (Abb. 3 B) für Ozon typische Verlauf der Werte-Kurve verhält sich mit einem am Nachmittag auftretenden Anstieg komplementär zur NO<sub>2</sub>-Kurve, die dadurch am Morgen und am Abend jeweils eine Belastungsspitze aufweist.

## A: Winter



## B: Sommer

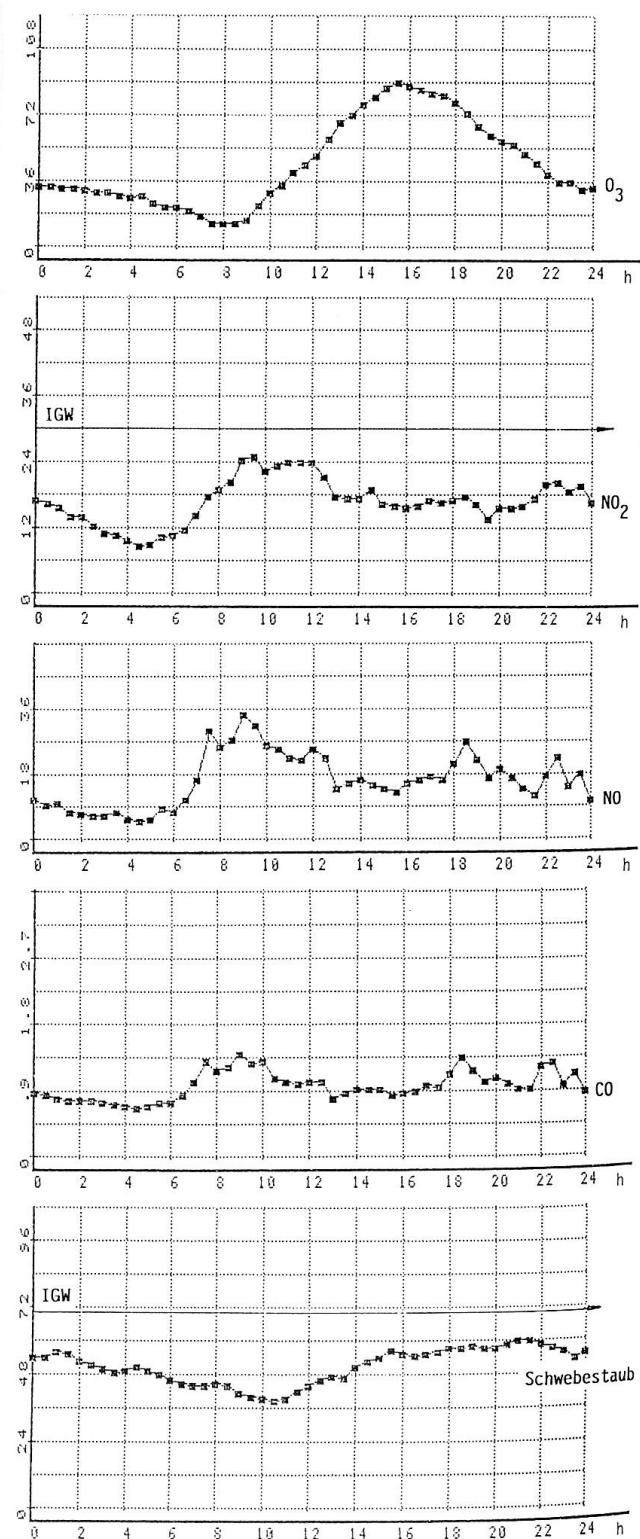


Abb. 3: Mittlere Tagesgänge der Luftschadstoffe in der Stadt Luzern. A: im Winter (Januar 1988, Imfangstrasse); B: im Sommer (August 1988, Zihlmattweg). Im direkten Vergleich sind die teilweise unterschiedlichen Ordinaten-Skalen zu berücksichtigen.

Die Kurvenverläufe von *NO* und *CO* stehen in Übereinstimmung mit den Verkehrs spitzen. Einem ausgeprägten, sich in der Regel über den ganzen Vormittag erstreckenden hohen Belastungswert folgen am Abend – je nach Standort – ein bis zwei Belastungsspitzen.

Gegenüber dem Winter zeigt die *Schwebestaub-Kurve* keinen grundsätzlich anderen Verlauf, doch ist ihre Ausprägung stark von lokalen Emissionen abhängig.

### *Winter- und Sommersmog*

Besondere Aufmerksamkeit verlangen *Smogsituationen*. Die in Inversionslagen – bei meist einige Tage anhaltenden, stabilen meteorologischen Verhältnissen – entstehenden Schadstoffanreicherungen können zu massiven Grenzwertüberschreitungen und damit zur Gefährdung des Menschen und seines Lebensraums führen.

In den letzten Jahren mussten auch in der Schweiz zeitweise sowohl Winter- wie Sommersmog-Situationen festgestellt werden. Während von eidgenössischer Seite aufgrund des überregionalen Auftretens des Sekundärschadstoffs Ozon – als Leitsubstanz der Photooxidantien für den Los Angeles- bzw. Sommersmog – keine über die bisherige Gesetzgebung hinausgehenden Massnahmen verordnet werden (BUWAL 1989), sieht eine «Empfehlung für das Vorgehen bei Wintersmog» vom 30.11.1987 für die lokal fassbaren Überschreitungen der Schwefeldioxidwerte – als Leitwert für den London- bzw. Wintersmog – eine Warn- und Interventionsstufe vor. Der Kanton Luzern hat diese Empfehlung in einer Verordnung übernommen und mit zwei entsprechenden Stufen für Stickstoffdioxid ergänzt («Verordnung zur kurzfristigen Bekämpfung übermässiger Luftschadstoffimmissionen zufolge austauscharmer Wetterlagen», vom 13.12.1988).

Dass die Notwendigkeit dazu tatsächlich besteht, zeigen die Messergebnisse z. B. im Januar 1987 (Abb. 4 A). Bei durchschnittlich  $-7,5^{\circ}\text{C}$  lagen – im Gebiet Tribschen–

Werkhofstrasse – sowohl die  $\text{NO}_2$ - wie die  $\text{SO}_2$ -Werte deutlich über dem Langzeitwert von  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;  $\text{NO}_2$  kurzfristig und  $\text{SO}_2$  dauernd über dem als Überschreitungswert festgelegten Tagesgrenzwert ( $80$  bzw.  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sowie  $\text{SO}_2$  dauernd über dem Kurzzeitwert ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und mehrmals klar über der Warnstufe von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die Smogsituation manifestierte sich auch bei Tagesmitteltemperaturen von  $-8,4^{\circ}\text{C}$  auf der Luzerner Allmend und von  $-7,2^{\circ}\text{C}$  auf dem Pilatus in der Ausbildung einer Inversionslage.

Sommersmogsituationen zeigen die Messergebnisse z. B. im Mai 1987 (Abb. 4B). Dabei wurde der 1-h-Mittelwert des Ozons ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nachmittags – beispielsweise auf der Luegislandegg – regelmäßig während mehrerer Stunden überschritten. Beachtenswert ist die gegenläufige Entwicklung der  $\text{NO}_2$ -Werte, womit der voneinander abhängige Chemismus zum Ausdruck kommt.

### *Sanierungsbedarf*

Der innerstädtische Lebensraum, der für viele Bürger Wohnort, Arbeitsplatz und Freizeitraum ist, erweist sich in vielerlei Hinsicht als überlastet.

Bereits anhand der lufthygienischen Messungen wird dies ersichtlich. Es ergibt sich ein vielfältiger Sanierungsbedarf, der im Sinne der Umweltschutzgesetzgebung in Massnahmenplänen erarbeitet und politisch umgesetzt werden muss. Ein erster Teil-Massnahmenplan für die ganze Agglomeration wurde im Dezember 1989 vom Regierungsrat verabschiedet. Überdies werden weitere Sanierungspotentiale, z. B. für eine Verbesserung der stadtökologischen Situation (Durchgrünung, Entsiegelung) oder der Lärmverhältnisse, zu realisieren sein.

Die lufthygienische Beeinträchtigung des innerstädtischen Raumes kann einerseits über die Feuerungen, andererseits über den Verkehr entlastet werden. Dabei ist konsequent der letzte Stand der Technik anzuwenden. Feuerungen müssten künftig – unter

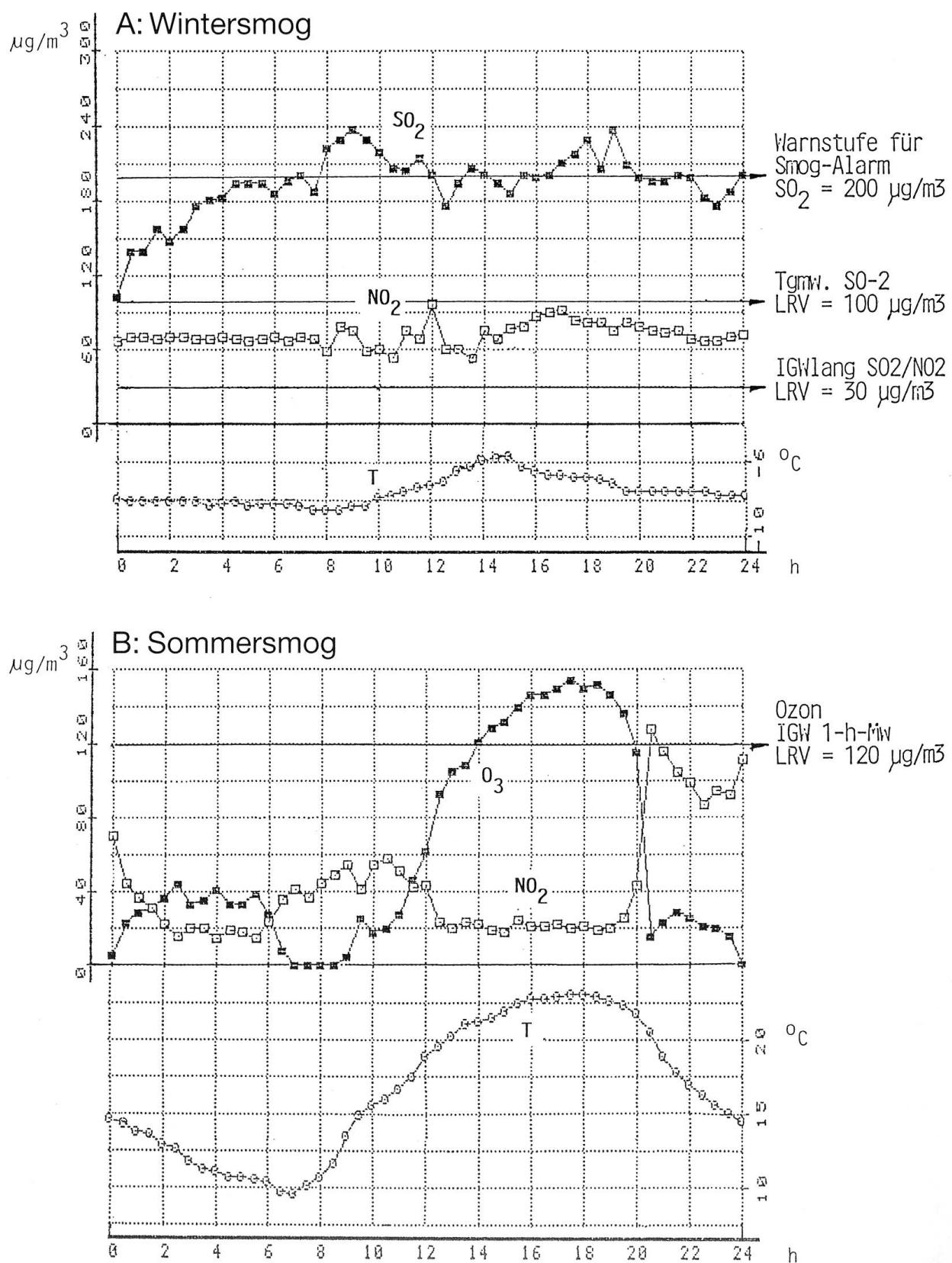


Abb. 4: Smogsituation in der Stadt Luzern. A: Wintersmog, 15. Januar 1987, Tribschen-/Werkhofstrasse, Tagesgang; B: Sommersmog, 1. Mai 1987, Luegislandegg, Tagesgang.

Einbezug der gasbetriebenen Öfen – alljährlich kontrolliert werden. Damit wäre die derzeitige Beanstandungsrate (bei 2jährigem Kontrollintervall) von rund 20% auf unter 10% zu senken.

Im Verkehr sind lenkende und beschränkende Massnahmen notwendig. Einer deutlichen Reduktion des motorisierten Individualverkehrs muss eine massive Förderung des öffentlichen Verkehrs (Reorganisation des Liniennetzes mit vermehrten Durchmesserlinien, Einrichten von Busspuren in Kombination mit Schleusen) sowie die Gewährleistung sicherer Radweg- und

Fussgängerverbindungen gegenüberstehen. Park-and-Ride-Anlagen am Siedlungsrand sollen ein Gegengewicht bilden zur Reduktion innerstädtischer Parkplätze und der Anwohnerbevorzugung. Tempodrosselung beispielsweise durch Tempo-30-Zonen, durch Einengungen des Fahrbahnbereichs (und Umgestaltung gewonnener Flächen z.B. zu Fussgänger- und Radfahrerzonen oder für Pflanzungen) sollten eine neue Fahrkultur und ein neues Bewusstsein für alle Verkehrsteilnehmer fördern, das sich auch positiv auf die Immissionsbelastung auswirken wird.

## LITERATURVERZEICHNIS

RYHINER D. (1983): *Lufthygiene-Messfahrzeug*. – Chem. Rundschau Nr.19, 3 S.  
BUWAL (Hg.) (1987): *Vom Menschen verursachte Schadstoff-Emissionen in der Schweiz 1950–2010*.

Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 76, mit Nachtrag 1988.  
BUWAL (Hg.) (1989): *Ozon in der Schweiz*. – Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 101.

Für die Aufarbeitung der Messwerte danke ich Herrn Rudolf Kaufmann, für die Reinzeichnung der Abbildungen Frl. Edith Birrer.

Dr. Hans-Niklaus Müller  
Umweltbeauftragter der Stadt Luzern  
Richard-Wagner-Weg 15  
6006 Luzern

